

Важным достоинством PageRank является то, что расчет PageRank ведется без учета текстового содержимого документа, а вот структура ссылок web графа задействуется. Таким образом, PageRank позволяет отсортировать все документы в сети по важности еще до получения поискового запроса.

Помимо PageRank на практике реже используют и другие модели ссылочного ранжирования. К ним можно отнести BackRank (модификация PageRank), HITS, HillTop, SALSA. Перечисленные модели задействуют анализ web графа целиком или его части

Современные поисковые системы при реализации комбинируют несколько моделей поиска. Условно можно разделить все модели информационного поиска на две группы. К первой относятся модели, анализирующие текст, а ко второй группе – модели, учитывающие структуру ссылок. Как правило, учет ссылок позволяет оценить авторитетность (важность) ресурса, а текстовый анализ – релевантность запросу.

#### Список литературы

1. Дударь З. В. Метаконтекстный поиск в internet / З. В. Дударь, В. С. Хапров, А. В. Мусинов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – С. 104–107.
2. Кузнецов М. А. Основные принципы ранжирования Web-ресурсов / М. А. Кузнецов, Т. Т. А. Нгуен // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности “АСТИН-ТЕХ-2010”. – Астрахань, 2010. – С. 42–44.
3. Ландэ Д. В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы / Д. В. Ландэ, А. А. Снарский, И. В. Безсуднов. – Москва : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 264 с.
4. Сегалович И. В. Как работают поисковые системы / И. В. Сегалович. – Режим доступа: <http://download.yandex.ru/company/iworld-3.pdf> (дата обращения: 30.01.2013), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

#### References

1. Dudar Z. V., Khaprov V. S., Musinov A. V. Metakontekstnyy poisk v internet [Metacontextual search in internet]. *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [East European Journal of Advanced Technologies], 2005, pp. 104–107.
2. Kuznetsov M. A., Nguen T. T. A. Osnovnye pritsipy ranzhirovaniya Web-resursov [Main principles of Web resources ranking]. *Innovatsionnye tekhnologii v upravlenii, obrazovanii, promyshlennosti “ASTINTYeKh-2010”* [Innovative Technologies in Management, Education, Industry “ASTINTEH-2010”]. Astrakhan, 2010, pp. 42–44.
3. Lande D. V., Snarskiy A. A., Bezsudnov I. V. *Internetika: Navigatsiya v slozhnykh setyakh: modeli i algoritmy* [Internet: Navigation in difficult networks: models and algorithms]. Moscow, Book House “LIBROKOM”, 2009. 264 p.
4. Segalovich I. V. *Kak rabotayut poiskovye sistemy* [How do search systems work]. Available at: <http://download.yandex.ru/company/iworld-3.pdf> (accessed 30 January 2013).

УДК 004.032.26 + 338.27

### **МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТОКАМИ В ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ С ИСТОЧНИКАМИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ**

**Май Нзюк Тханг**, аспирант, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 65, e-mail: kamaev@unix.cad.vstu.ru

**Камаев Валерий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 65, e-mail: kamaev@unix.cad.vstu.ru

*Щербаков Максим Владимирович*, кандидат технических наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 65, e-mail: kamaev@unix.cad.vstu.ru

*Чинь Тхэ Хунг*, магистрант, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 65, e-mail: kamaev@unix.cad.vstu.ru

Глобальное потепление и значительное увеличение цен на традиционные источники энергии становятся критической проблемой многих стран. Для решения этой проблемы требуется выработать новую энергетическую политику, основанную на использовании энергосистем с источниками возобновляемой энергии. Целью нашего проекта является минимизация затрат на электроэнергию за счет оптимизации работы энергосистемы. В статье рассматриваются структура гибридной энергосистемы с источниками возобновляемой энергии (hybrid renewable energy system – HRES), методика построения системы управления HRES на основе мультиагентной технологии, а также формирование стратегии покупки электроэнергии. Научная новизна данной статьи определяется использованием нейронной сети для прогноза электропотребления и производства электроэнергии в реальном времени с учетом погодных факторов. Тесты, проведенные на основе данных из системы сбора данных EcoScada, демонстрируют эффективность разработанной системы по сравнению с уже существующими энергосистемами.

**Ключевые слова:** мультиагентная система, гибрид, интеллектуальная энергосистема, интеллектуальный агент, возобновляемые источники энергии, нейронная сеть, прогноз, оптимизация, HRES

### **MULTI-AGENT METHOD OF MANAGEMENT ENERGY FLOWS IN HYBRID POWER SYSTEMS WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES**

*May Ngok Tkhang*, post-graduate student, Volgograd State Technical University, 65 Lenin av., Volgograd, 400005, Russian Federation, e-mail: kamaev@unix.cad.vstu.ru

*Kamaev Valeriy A.*, D.Sc. (Engineering), Professor, Volgograd State Technical University, 65 Lenin av., Volgograd, 400005, Russian Federation, e-mail: kamaev@unix.cad.vstu.ru

*Shcherbakov Maksim V.*, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Volgograd State Technical University, 65 Lenin av., Volgograd, 400005, Russian Federation, e-mail: kamaev@unix.cad.vstu.ru

*Chin Tkhe Khung*, undergraduate student, Volgograd State Technical University, 65 Lenin av., Volgograd, 400005, Russian Federation, e-mail: kamaev@unix.cad.vstu.ru

Global warming and significant increase prices of traditional energy sources are becoming a critical problem in many countries. To solve this problem require providing a new energy policy based on power system with renewable energy sources. The aim of this project is to minimize energy the cost by optimizing the power system. This article discusses the structure of hybrid renewable energy system (HRES), method of management HRES based on multi-agent technology, and strategy of power purchase. Moreover, the implementation of a neural network to predict the energy consumption and energy production in real time based on weather factors is the scientific novelty of this project. Result of tests with data of EcoScada shows the effectiveness of the developed system in comparison to existing power systems.

**Keywords:** multi-agent system, hybrid, smart grids, intelligent agent, renewable energy sources, neural network, forecast, optimization, HRES

**Введение.** Повышение энергетической эффективности и необходимость ресурсосбережения является актуальной задачей для многих стран. Это комплексная задача, решение которой может быть связано с применением достижений различных направлений науки и техники. Одним из возможных решений является разработка и использование гибридных

энергосистем с компонентами источников возобновляемой энергии. В этих системах объединены традиционные источники электроэнергии и возобновляемые – такие как солнечные панели, ветровые генераторы и др. Однако производство электроэнергии в таких системах крайне нестабильно, так как зависит от неуправляемых внешних воздействий (температуры окружающего воздуха, освещенности, скорости ветра и др.).

Одним из решений проблемы является эффективное управление энергопотоками в энергосистемах, функционирующих, в частности, в России и Вьетнаме и включающих систему потребителей, внешние источники электроэнергии (городские энергосети), гибридные энергосистемы производства электроэнергии и блоки хранения энергии (аккумуляторные батареи). В существующих решениях, как правило, переключение между источниками электроэнергии осуществляется в зависимости от значений параметров энергосистемы в наблюдаемый (текущий) момент времени. Такой подход не всегда является эффективным. Это обусловлено следующими факторами. Во-первых, не учитывается стоимость электроэнергии, вырабатываемой различными поставщиками (источниками электроэнергии). Во-вторых, если электроэнергия, выработанная источниками возобновляемой энергии, недостаточно для потребителей, то используются внешние энергосети без учета тарифного плана электроэнергии.

В работе предлагается метод управления переключениями энергопотоков в гибридной энергетической системе, основанный на прогнозе потребления и производства электроэнергии в ней. Формируя прогноз потребления и производства, можно сформировать стратегию переключения в системе между источниками электроэнергии, которая приводит к минимизации функции затрат на ее потребление. Метод основан на мультиагентном подходе, в рамках которого система описывается в виде взаимодействующих с определенными целями элементов (агентов).

### Постановка задачи и обзор существующих подходов

**Описание гибридной энергетической системы.** Гибридной энергосистемой с источниками возобновляемой энергии (Hybrid Renewable Energy Systems, далее по тексту HRES) будем называть энергосистему, которая объединяет множество традиционных источников и источников возобновляемой энергии в единую энергосистему [7]. Система HRES включает следующие компоненты: солнечные панели, ветровые турбины генератора, аккумуляторные батареи, контроллеры и переключатель для управления энергопотоками. Структура типичной HRES представлена на рис. 1.

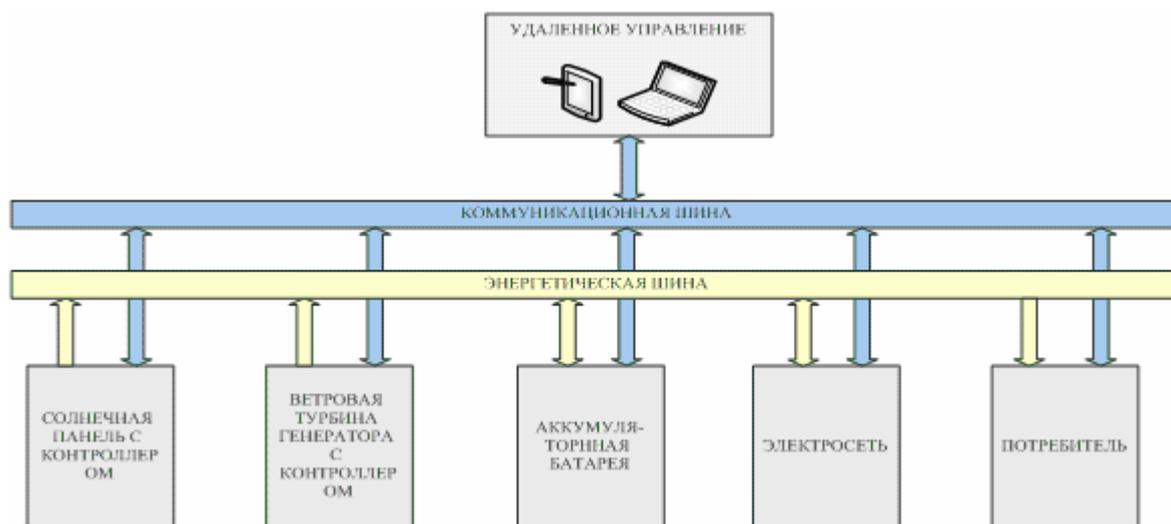


Рис. 1. Структура типичной HRES

**Описание компонент HRES.** Ветровая турбина генератора. Мощность ветровой турбины генератора определяется по формуле [9]:

$$P_B(v) = \begin{cases} P_H \frac{v - v_{\min}}{v_H - v_{\min}} & \text{если } v_{\min} \leq v < v_H \\ P_H & \text{если } v_H \leq v \leq v_{\max} \\ 0 & \text{если } v < v_{\min} \text{ или } v > v_{\max} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $P_H$  – номинальная мощность ветровой турбины генератора (кВт);  $v$  – скорость ветра (м/с);  $v_{\min}$  – минимальная скорость ветра (м/с);  $v_{\max}$  – максимальная скорость ветра (м/с);  $v_H$  – номинальная скорость ветра (м/с).

Для ветровой турбины генераторов различной мощности минимальная скорость ветра – 2–3 м/с, номинальная – 8–12 м/с, максимальная – 30–35 м/с.

**Солнечная панель (СП).** Мощность СП зависит от многих внешних факторов, в числе которых главными являются солнечное излучение и температура окружающей среды. Мощность СП определяется по формуле [2]:

$$P_{\text{солн}} = \begin{cases} P_{CT} \frac{G_{СИ}}{G_{СТ}} (1 + k(T_{СП} - T_{СИ})) & \text{если } G_{СИ} \geq C \\ 0 & \text{если } G_{СИ} < C \end{cases}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{солн}}$  – мощность, вырабатываемая СП (Вт);  $P_{CT}$  – номинальная мощность СП в стандартных условиях (Standard Test Condition – STC), то есть мощность солнечной радиации 1000 Вт/м<sup>2</sup>, температура элементов – 25 °С и солнечный спектр на широте 45°) (Вт) [8];  $G_{СИ}$  – коэффициент солнечного излучения (лк);  $G_{СТ}$  – коэффициент солнечного излучения в стандартных условиях (лк);  $k$  – температурный коэффициент (°С);  $T_{СП}$  – температура поверхности солнечной панели (°С);  $T_{СТ}$  – 25 °С (температура – в стандартных условиях);  $C$  – коэффициент производства энергии, который зависит от характеристики солнечной панели (безразмерный).

**Блок аккумуляторных батарей (АБ).** Блок АБ играет две роли в HRES:

- при недостаточной мощности от других возобновляемых источников энергии используется электроэнергия блока АБ;
- выработка возобновляемыми источниками избыточной по отношению к энергопотреблению мощности используется для подзарядки АБ, но только если он не заряжен полностью.

Можно выделить два параметра, характеризующих функционирование блока АБ: степень его зарядки (SOC – stage of charge) и силу тока. Степень зарядки блока АБ определяется его электроемкостью и соответствует максимальному значению в 100 % (при полной зарядке) или минимальному в 10 % при разрядке.

**Внешняя электросеть.** Внешняя электросеть подключается в системе при недостаточной мощности, вырабатываемой возобновляемыми источниками, а блок АБ уже разряжен до минимального значения (10 %).

**Контроллер.** Контроллер на основе поступающей с других устройств информации вырабатывает управляющие команды для реле.

**Реле** – механизм, управляемый контроллером и осуществляющий переключение энергетических потоков.

**Обзор существующих подходов к HRES.** Существуют различные подходы к управлению энергосистемой, например: использование мультиагентной технологии [3, 8]; приме-

нение нечеткой логики [4]; использование генетического алгоритма для управления гибридными системами [5, 7]. В этих работах показываются преимущества применения мультиагентной технологии в энергосистеме, такие как: максимизация баланса между нагрузками и энергоснабжением, автоматизация процесса подачи электроэнергии, минимизация затрат на электроэнергию. Эти подходы являются пассивными, так как процесс управления энергопотоками зависит от текущих состояний нагрузок и не учитывает влияния внешних факторов на потребление электроэнергии (например: температуры воздуха, влажности, скорости ветра и т.д.) и тарифного плана для электроэнергии в разных промежутках времени. В данном исследовании предлагается новый подход к управлению гибридной энергосистемой с применением мультиагентной технологии и нейронной сети.

### Построение гибридной энергосистемы

**Зависимость потребления электроэнергии от внешних параметров.** В статье рассмотрена зависимость потребления электроэнергии в офисном здании EcoScada от внешних параметров. Объект исследования – гибридная энергосистема в офисном здании EcoScada (Бельгия). Для анализа влияния этих параметров на энергопотребление используются данные об энергопотреблении и о погодных условиях этого здания<sup>1</sup>. Данные о потреблении электроэнергии и о погодных условиях сохранялись в базу данных каждые 15 минут. Предлагается зависимость электропотребления в виде нелинейной комбинации следующих параметров: текущего времени, состояния здания, средней температуры воздуха.

**Зависимость потребления электроэнергии от момента времени.** Диаграммы потребления электроэнергии офисного здания EcoScada (рис. 2, 3).

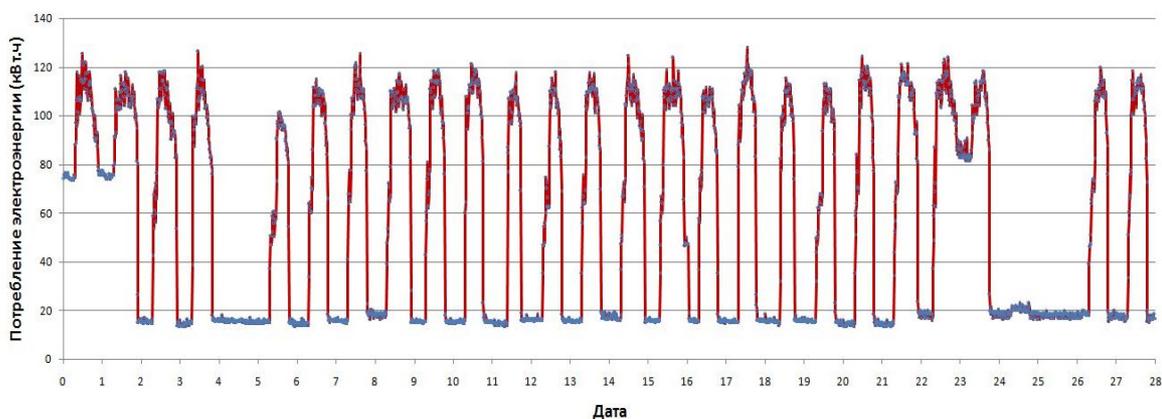


Рис. 2. Электропотребление офисного здания EcoScada с 01.12.2011 по 28.12.2011

---

<sup>1</sup> Данные на сайте: <http://www.portacapena.com/>

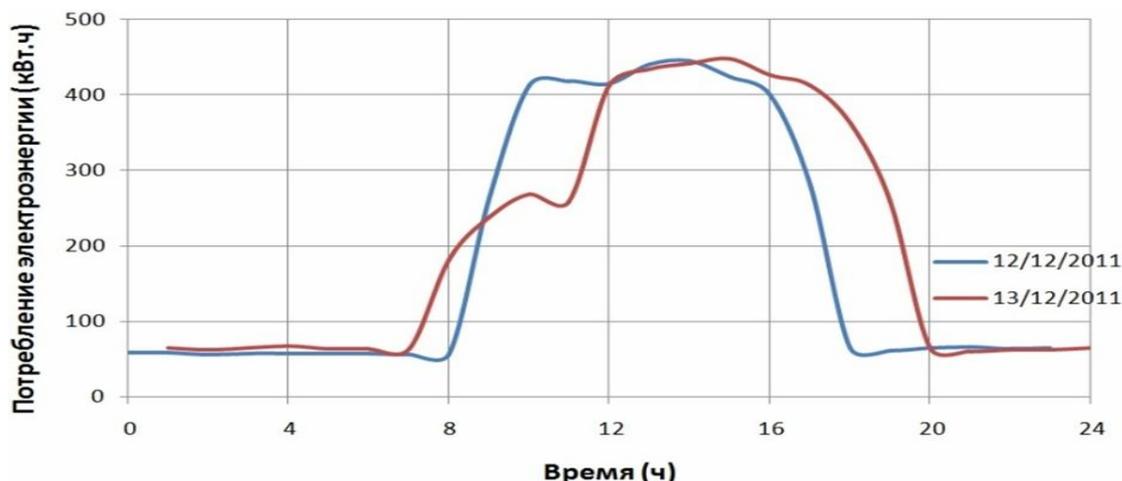


Рис. 3. Электропотребление офисного здания EcoScada с 12.12.2011 по 13.12.2011

Из приведенных графиков можно сделать следующие выводы:

- энергопотребление в выходные и в праздничные дни (25.12.2011) меньше, чем в рабочие дни;
- энергопотребление в промежутках времени с 9 до 11 часов и с 17 до 21 часа локально максимальное, и, соответственно, это соответствует максимальной цене электроэнергии.

**Зависимость потребления электроэнергии от погодных условий.** Диаграмма потребления электроэнергии офисного здания EcoScada соответствует погодным условиям, как показано на рис. 4. Видно, что при увеличении температуры воздуха потребление электроэнергии увеличивается из-за более интенсивной работы кондиционеров воздуха.

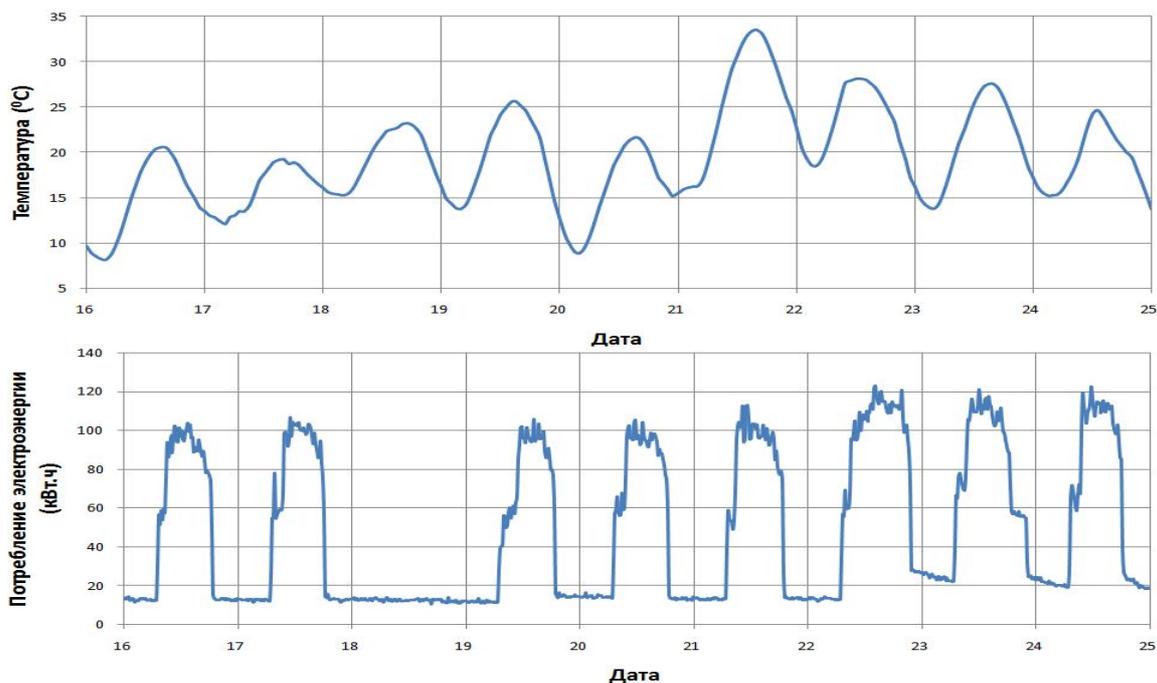


Рис. 4. Электропотребление и погодные условия для офисного здания EcoScada с 16.12.2011 по 25.12.2011

**Методика построения гибридной энергосистемы.** Для реализации оптимального управления энергетическими потоками в HRES в работе предлагается метод, использующий мультиагентную технологию. Метод заключается в формировании стратегии управления переключением реле на основании информации о прогнозе потребления электроэнергии, прогнозе производства электроэнергии компонентами HRES и прогнозе погоды (температуры, влажности). Ниже дано описание метода, который включает в себя следующие этапы.

1. Построение и настройка агента блока прогнозирования потребления и производства электроэнергии. На этом этапе выполняются следующие процедуры:

1) сбор и редукция данных. Цель процедуры состоит в получении корректных и структурированных статистических данных, очищенных от выбросов и наблюдений, не имеющих отношения к рассматриваемой задаче. Шаг этапа включает:

- структуризацию данных для выполнения статистического анализа производства и потребления электроэнергии по сезонам, месяцам, неделям и отдельным дням недели;
- статистическое определение состояния производства и потребления электроэнергии в разные дни (рабочие, выходные, праздничные);
- статистическое определение пиков в графике, анализ их причин;
- исключение аномалий, восстановление пропусков в данных, кодирование категориальных переменных и нормализация;

2) построение и настройка агента прогнозирования потребления и производства электроэнергии. На данном шаге осуществляется выбор типа модели, составление плана экспериментов испытания модели, параметрическая оптимизация модели. На этом этапе выполняется построение и настройка многопараметрической модели прогнозирования производства и потребления электроэнергии на основе нейронной технологии;

3) оценка качества агента прогнозирования. На этом шаге выполняются: тестирование модели агента прогнозирования, оценка качества вычислительных экспериментов, коррекция или доработка полученной модели. Для оценки качества вычислительных экспериментов используются следующие классические оценки определения точности модели: средняя абсолютная ошибка (MAE), среднеквадратичное отклонение (MSE) [1]:

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_m^t - y_p^t|}{n}, \quad (3)$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n |y_m^t - y_p^t|^2}{n}, \quad (4)$$

где  $y_m$  – измеренные значения энергопотребления;  $y_p$  – спрогнозированные значения энергопотребления;  $n$  – горизонт прогнозирования ( $n = 96$ ).

2. Построение агента покупки электроэнергии. На этом этапе выполняются следующие процедуры:

1) выбор алгоритма формирования стратегии покупки. В нашей системе используется  $n = 96$  точек состояний системы в день. В каждый момент времени система находится в одном из трех состояний: использование собственной электроэнергии, продажа электроэнергии и покупка электроэнергии. Количество возможных стратегий покупки электроэнергии равно  $3^{95}$ . Для уменьшения времени вычислений в статье используется генетический алгоритм. Нами для формирования стратегии переключения между источниками электроэнергии выделяются следующие этапы генетического алгоритма:

- г1. Задание целевой функции  $J^*$  для особей популяции;
- г2. Создание начальной популяции;
- г3. Если количество поколений  $i < 100$

- {
- Размножение (скрещивание);
- Мутирование;
- Вычисление значений целевой функции для всех особей;
- Формирование нового поколения.
- }

24. *Определение оптимального решения.*

2) оценка качества формирования стратегии покупки. Она определяется процентом снижения затрат  $f$  на электроэнергию по сравнению с системой без мультиагентной технологии:

$$f = \frac{S_0 - J^*}{S_0} \times 100 \%, \quad (5)$$

где  $S_0$  – функция затрат на электроэнергию без мультиагентной технологии;  $J^*$  – функция затрат на электроэнергию с мультиагентной технологией (целевая функция).

Затраты на электроэнергию без мультиагентной технологии определяются по формуле:

$$S_0 = \sum_{i=1}^{96} (p_{\text{потреб}} - p_{\text{произв}} - S_i \lambda_i) k_i, \quad (6)$$

где  $k_i$  – тарифный план для электроэнергии в промежутке времени  $i$  (руб./кВт.ч);  $P_{\text{потреб}}$  – потребление электроэнергии в промежутке времени  $i$  (кВт\*ч);  $P_{\text{произв}}$  – производство электроэнергии в промежутке времени  $i$  (кВт\*ч);  $S_i$  – коэффициент зарядки в промежутке времени  $i$  (%);  $\lambda_i$  – время разрядки (ч).

Целевая функция определяется по формуле:

$$J^* = \sum_{i=1}^{96} k_i (p_{\text{потреб}} - p_{\text{произв}}) + \sum_{i=1}^{96} (100 - S_i) k_i \tau_i, \quad (7)$$

где  $\tau_i$  – время зарядки (ч).

3. Тестирование гибридной энергосистемы с реальными данными о потреблении и производстве электроэнергии.

**Агентификация гибридной энергосистемы.** В соответствии с теорией мультиагентной технологии система HRES определяется таким образом:

$$HRES = \{A_i, D_t, S_t, J^*, f\},$$

где  $A_i$  – множество агентов в системе;  $D_t$  – множество входных данных в момент времени  $t$ ;  $S_t$  – состояние системы в момент времени  $t$ ;  $J^*$  – целевая функция;  $f$  – функция качества формирования стратегии покупки.

В нашем случае определено следующее множество агентов:

$$A_i = \{Ag_{\text{потр}}, Ag_{\text{произв}}, Ag_{\text{форм}}\},$$

где  $Ag_{\text{потр}}$  – агент энергопотребления;  $Ag_{\text{произв}}$  – агент энергопроизводства;  $Ag_{\text{форм}}$  – агент формирования стратегии покупки электроэнергии.

Множество полученных данных  $D$  определяется набором параметров:

$$D = \{C, G, T, TP\},$$

где  $C$  – множество данных о потреблении электроэнергии;  $G$  – множество данных о производстве электроэнергии;  $T$  – множество значений температуры воздуха;  $TP$  – множество значений тарифного плана для электроэнергии.

### Результаты испытаний

Система управления энергопотоками была реализована на мультиагентной платформе JADE (Java Agent Development framework). Тестирование работы гибридной энергосистемы проводилось в течение двух дней: 02.12.2011 и 28.12.2011. Для прогнозирования потребления и производства электроэнергии 02.12.2011 использовались данные пятниц (4 пят-

ницы назад), а для прогнозирования потребления и производства электроэнергии – 28.12.2011 (4 среды назад). В гибридной энергосистеме используется блок аккумуляторных батарей емкостью 100 кВт·ч.

Предположим, что во время начала проведения испытаний состояние зарядки блока АБ равно 50 % (50 кВт·ч). Реальные и прогнозируемые данные о потреблении и производстве электроэнергии 02.12.2011 и 28.12.2011 показаны на рис. 5–8, в табл. 1.

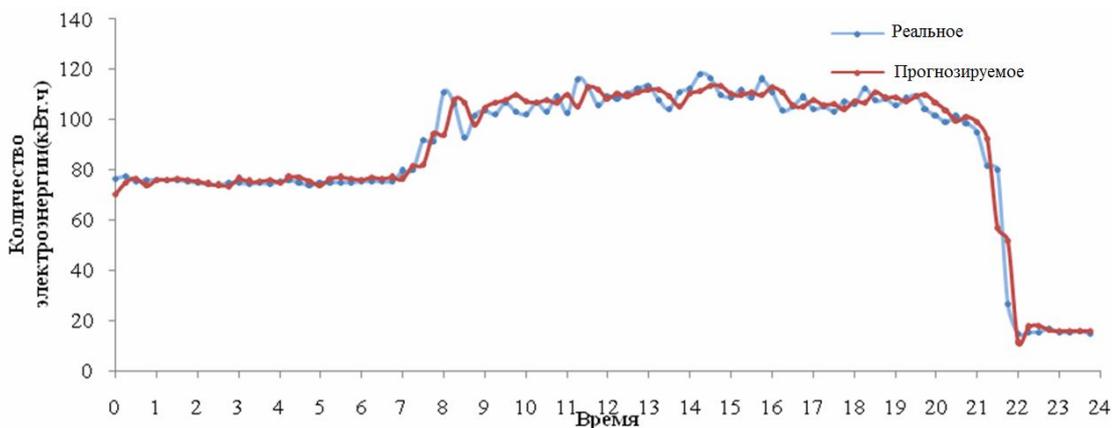


Рис. 5. Потребление электроэнергии в офисном здании EcoScada 02.12.2011

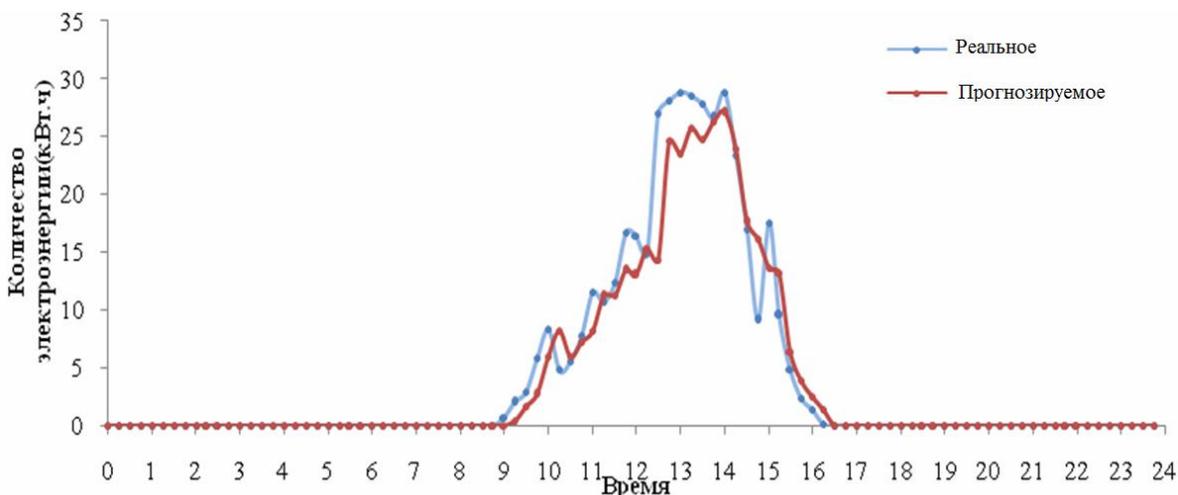


Рис. 6. Производство электроэнергии в офисном здании EcoScada 02.12.2011

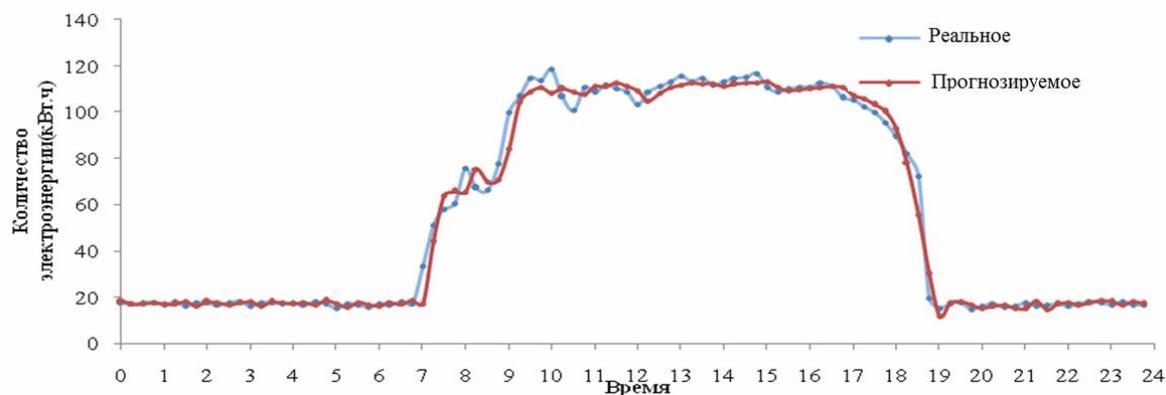


Рис. 7. Потребление электроэнергии в офисном здании EcoScada 28.12.2011

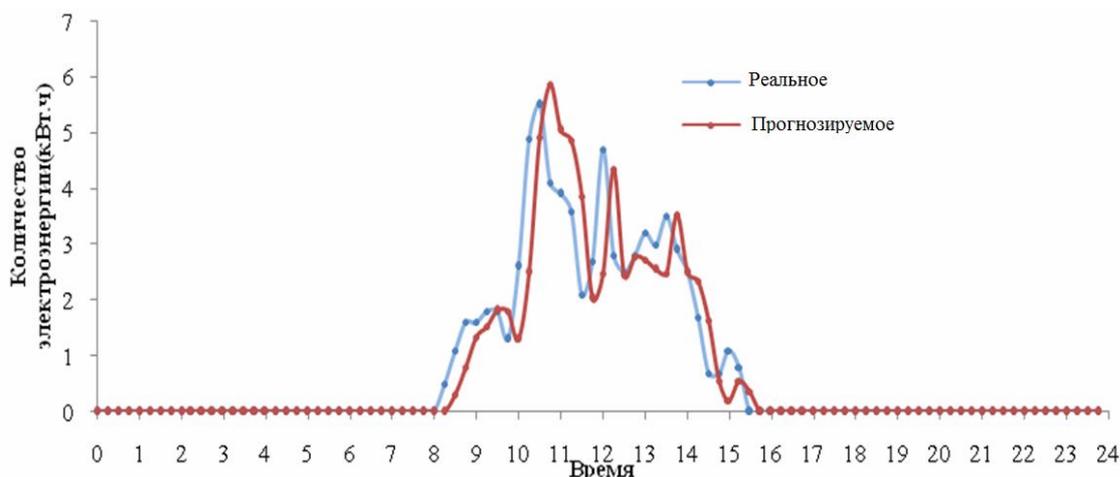


Рис. 8. Производство электроэнергии в офисном здании EcoScada 28.12.2011

Таблица 1

**Классические оценки определения точности прогнозирования**

Критерии	02.12.2011	28.12.2011
MAE	34,77877	0,64797
MSE	3,406112	2,81672

Процесс формирования стратегии покупки электроэнергии осуществляется на основе прогнозируемых данных о потреблении и производстве электроэнергии с учетом многотарифного плана оплаты электроэнергии. В данной гибридной энергосистеме использован генетический алгоритм для выбора оптимальной стратегии. Параметры для алгоритма представляются таким образом: количество особей – 100, количество поколений – 1000, вероятность скрещивания – 80 %, вероятность мутации – 5 %, число генов особи – 96. Каждый ген особи представляет собой одно из трех чисел: 1 (покупка электроэнергии), 0 (использование собственной энергии), 1 (продажа электроэнергии). Оптимальная стратегия покупки электроэнергии представлена в виде диаграмм переключения (см. рис. 9, 10).

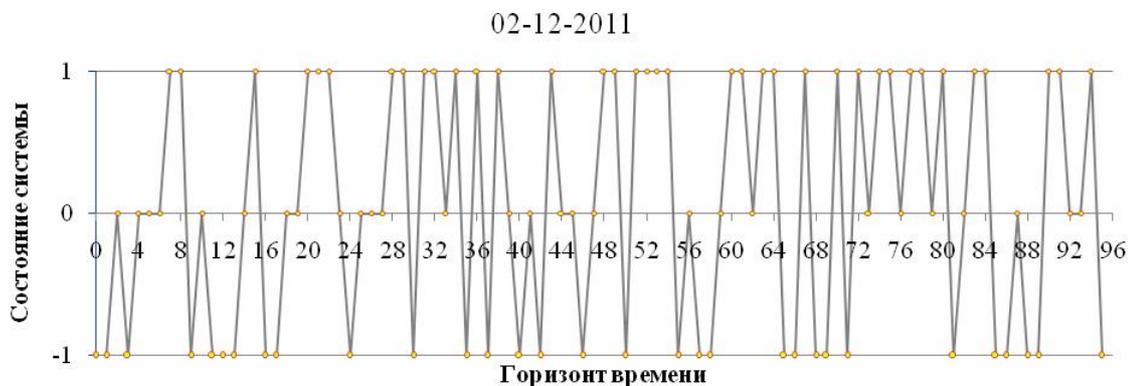


Рис. 9. Диаграмма переключения между источниками электроэнергии 02.12.2011



Рис. 10. Диаграмма переключения между источниками электроэнергии 28.12.2011

Качество управления системой оценивается через процент сокращения затрат на электроэнергию до и после применения мультиагентного метода (табл. 2).

Таблица 2

**Оценка качества гибридной энергосистемы**

Показатели	02.12.2011	28.12.2011
Прогнозируемые затраты (руб.) <sup>i</sup>	12680	15248
Реальные затраты (руб.) <sup>i</sup>	12259	14928
Без применения мульти-агентного метода (руб.) <sup>ii</sup>	14278	16257
Время вычисления (с)	122	124
Процент сокращения затрат (%) <sup>iii</sup>	14,14	8,17

*Примечание.* <sup>(i)</sup> расчет по формуле (7); <sup>(ii)</sup> расчет по формуле (6); <sup>(iii)</sup> расчет по формуле (5).

**Заключение.** В статье рассмотрена гибридная энергосистема с источниками возобновляемой энергии, использующая мультиагентные технологии. В систему включены 3 агента: агент потребления, агент производства, агент формирования стратегии покупки. Агенты связываются между собой непосредственно или через базу данных. Агенты потребления и производства электроэнергии прогнозируют потребление и производство на следующий день на основе измеряемых данных. Преимущество применения системы заключается в том, что она может определить оптимальную стратегию переключения между внешней электросетью и источником

возобновляемой энергии в зависимости от текущего тарифного плана и текущего состояния системы. В результате этого могут быть сокращены затраты на обеспечение электроэнергии.

#### Список литературы

1. Щербаков М. В. ICDMS – Программное обеспечение как сервис для решения задач идентификации на основе коннективистских систем / М. В. Щербаков // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2009. – № 7 (12). – С. 88–91.
2. Caisheng W. Modeling and control of hybrid wind/photovoltaic/fuel cell distributed generation systems: a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering. – 2006. – 402 p.
3. Dimeas A. L. Operation of a multi-agent system for microgrid control / A. L. Dimeas, N. D. Hatziargyriou // IEEE transactions on power systems. – 2005. – Vol. 20, № 3. – P. 1447–1455.
4. Jérémy L. A multiagent fuzzy-logic-based energy management of hybrid systems / L. Jérémy, G. S. Marcelo // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2009. – Vol. 45, № 6. – P. 2123–2129.
5. Kraj A. G. Optimization of hybrid renewable energy systems for remote autonomous and distributed networks / A. G. Kraj, E. L. Bibeau, E. Feitosa // European Wind Energy Conference. – 2010.
6. Qiu Z. Multi-agent system architecture for electrical energy matching in a microgrid / Z. Qiu, G. Deconinck, N. Gui, R. Belmans // Fourth IEEE Young Researchers Symposium in Electrical Power Engineering. – 2008.
7. Sopian K. Optimal operational strategy for hybrid renewable energy system using genetic algorithms / K. Sopian, A. Zaharim, Y. Ali // WSEAS transactions on mathematics. – 2008. – Vol. 7, № 4. – P. 130–140.
8. The encyclopedia of alternative energy and sustainable living. – Режим доступа: [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/AE\\_standard\\_test\\_conditions.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/AE_standard_test_conditions.html) (дата обращения: 12.11.2012).
9. Zhang Y. A portable power quality monitoring system for wind power generation system / Y. Zhang, J. Zeng, S. W. Wang // Control theory and applications. – 2008. – Vol. 4. – P. 1–25.

#### References

1. Shcherbakov M. V. ICDMS – Programmnoe obespechenie kak servis dlya resheniya zadach identifikatsii na osnove konnektivistskikh sistem [ICDMS – Software as a service to solve problems of identification based on connective systems]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [News of Volgograd State Technical University], 2009, no. 7 (12), pp. 88–91.
2. Caisheng W. *Modeling and control of hybrid wind/photovoltaic/fuel cell distributed generation systems: a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering*, 2006, 402 p.
3. Dimeas A. L., Hatziargyriou N. D. Operation of a multi-agent system for microgrid control. *IEEE transactions on power systems*, 2005, no. 3 (20), pp. 1447–1455.
4. Jérémy L., Marcelo G. S. A multiagent fuzzy-logic-based energy management of hybrid systems. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2009, no. 6 (45), pp. 2123–2129.
5. Kraj A. G., Bibeau E. L. and Feitosa E. Optimization of hybrid renewable energy systems for remote autonomous and distributed networks. *European Wind Energy Conference*, 2010.
6. Qiu Z., Deconinck G., Gui N., Belmans R. Multi-agent system architecture for electrical energy matching in a microgrid. *Fourth IEEE Young Researchers Symposium in Electrical Power Engineering*, 2008.
7. Sopian K., Zaharim A., Ali Y. Optimal operational strategy for hybrid renewable energy system using genetic algorithms. *WSEAS transactions on mathematics*, 2008, no. 4 (7), pp. 130–140.
8. *The encyclopedia of alternative energy and sustainable living*. Available at: [http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/AE\\_standard\\_test\\_conditions.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/S/AE_standard_test_conditions.html) (accessed 12 November 2012).
9. Zhang Y., Zeng J., Wang S. W. A portable power quality monitoring system for wind power generation system. *Control theory and applications*, 2008, vol. 4, pp. 1–25.